

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-329888

(43)Date of publication of application : 22.12.1997

(51)Int.Cl.

G03F 1/08
H01L 21/027

(21)Application number : 08-151082

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 12.06.1996

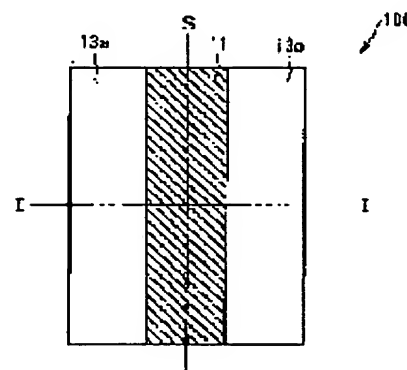
(72)Inventor : KUWABARA KAZUYUKI
ONODERA TOSHIO
OTSUKA HIROSHI

(54) PHASE SHIFT MASK PATTERN

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a phase shift mask pattern which is suitable for confirmation and adjustment of the focusing position.

SOLUTION: This mask pattern 100 is composed of a rectangular light-shielding pattern 11 and a first phase shifter pattern 13a and a second phase shifter pattern 13b on both sides of the light-shielding pattern 11 and adjacent to the longer sides of the pattern 11, and as a whole, the mask pattern 100 is formed rectangular, the first and second phase shifter patterns 13a, 13b are arranged symmetric around the axis S which passes through the center of the light-shielding pattern 11 and is parallel to the long sides.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 02.09.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2003-19320

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 02.10.2003

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-329888

(43) 公開日 平成9年(1997)12月22日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08			G 0 3 F 1/08	A
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 0 2 P 5 2 8

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平8-151082

(22) 出願日 平成8年(1996)6月12日

(71) 出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72) 発明者 桑原 和幸

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

(72) 発明者 小野寺 俊雄

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

(72) 発明者 大塚 博

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

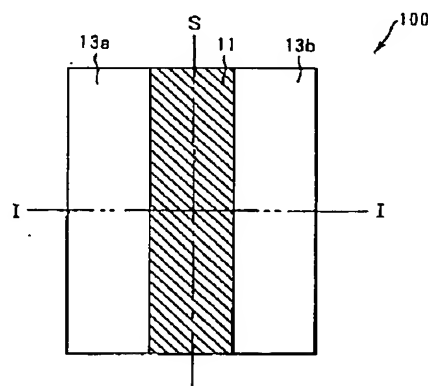
(74) 代理人 弁理士 大垣 孝

(54) 【発明の名称】 位相シフトマスクパターン

(57) 【要約】

【課題】 結像位置を確認・調整するのに好適な位相シフトマスクパターンを提供すること。

【解決手段】 長方形の遮光パターン11と、遮光パターン11を挟んでその長辺の両側に、長辺に接して設けられた第1の位相シフトパターン13aおよび第2の位相シフトパターン13bとから構成され、全体として長方形をなしている。遮光パターン11の中心を通り、長辺に平行な軸Sに対して第1および第2の位相シフトパターン13a、13bは線対称に配置されている。



100: 第1の実施の形態の位相シフトマスクパターン
11: 遮光パターン
13a: 第1の位相シフトパターン
13b: 第2の位相シフトパターン

第1の実施の形態の位相シフトマスクパターン

【特許請求の範囲】

【請求項1】 遮光パターンと、該遮光パターンの両側に並置して設けられた第1の位相シフトパターンおよび第2の位相シフトパターンとから構成される位相シフトマスクパターンであって、

前記第1および第2の位相シフトパターンは、前記遮光パターン下方での光強度が該遮光パターンから被投影体に向かう方向に沿って変動することとなるように、これら位相シフトパターンを透過した光と本来の光透過領域を透過した光との間に干渉を生じさせる位相角のものとなっていることを特徴とする位相シフトマスクパターン。

【請求項2】 位相シフトパターンと、該位相シフトパターンの両側に並置して設けられた第1の遮光パターンおよび第2の遮光パターンとから構成される位相シフトマスクパターンであって、前記位相シフトパターンは、該位相シフトパターン下方での光強度が該位相シフトパターンから被投影体に向かう方向に沿って変動することとなるように、該位相シフトパターンを透過した光と本来の光透過領域を透過した光との間に干渉を生じさせる位相角のものとなっていることを特徴とする位相シフトマスクパターン。

【請求項3】 請求項1に記載の位相シフトマスクパターンにおいて、前記遮光パターンはこれが設けられる平面内に対称軸を有しており、該対称軸に対して前記第1および第2の位相シフトパターンは互いに線対称であることを特徴とする位相シフトマスクパターン。

【請求項4】 請求項2に記載の位相シフトマスクパターンにおいて、前記位相シフトパターンはこれが設けられる平面内に対称軸を有しており、該対称軸に対して前記第1および第2の遮光パターンは互いに線対称であることを特徴とする位相シフトマスクパターン。

【請求項5】 交差状の遮光パターンと、該遮光パターンによって区画される4つの領域のうち、交差点を挟んで対向する2つの領域に設けられた第1の位相シフトパターンおよび第2の位相シフトパターンとから構成される位相シフトマスクパターンであって、前記第1および第2の位相シフトパターンは、前記遮光パターン下方での光強度が該遮光パターンから被投影体に向かう方向に沿って変動することとなるように、これら位相シフトパターンを透過した光と本来の光透過領域を透過した光との間に干渉を生じさせる位相角のものとなっていることを特徴とする位相シフトマスクパターン。

【請求項6】 交差状の位相シフトパターンと、該位相シフトパターンによって区画される4つの領域のうち、交差点を挟んで対向する2つの領域に設けられた第1の遮光パターンおよび第2の遮光パターンとから構成される位相シフトマスクパターンであって、

前記位相シフトパターンは、

該位相シフトパターン下方での光強度が該位相シフトパターンから被投影体に向かう方向に沿って変動することとなるように、該位相シフトパターンを透過した光と本来の光透過領域を透過した光との間に干渉を生じさせる位相角のものとなっていることを特徴とする位相シフトマスクパターン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、位相シフトマスクパターンに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、露光装置の結像位置の確認・調整を行うためには、確認・調整用マスクを用いて実際にフォトリソ膜をパターンニングする。そして、その結果に基づいて、露光装置の結像位置の確認・調整を行う。例えば、光源とX-Yステージとの間の距離をある一定の範囲で変化させてフォトリソ膜をパターンニングする。その際、同一寸法、同一形状のパターンを有する確認・調整用マスクを用いる。そして、同一露光量の条件の下、得られたレジストパターンの存在範囲やレジストパターンの寸法、形状を比較して、結像位置の確認・調整を行う。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の露光装置の結像位置の確認・調整方法では、いちいちフォトリソ膜をパターンニングし、その結果に基づいて、結像位置の確認・調整を行わなければならない。そして、その判断は人間により行われるため、個人差が生じていた。

【0004】また、フォトリソ膜をパターンニングして得られる結果は、レジスト材料などによっても異なるため、結像位置の確認・調整は面倒であった。

【0005】また、特に位相差マスクを用いてフォトリソ膜をパターンニングする場合には、結像位置からのずれ方向、すなわち結像位置となる位置よりも光源とX-Yステージとの間の距離が近づくか、遠ざかるかによって、得られるレジストパターンの形状が対称的に変化しない。要するに、得られるレジストパターンの形状が異なるため、結像位置の確認・調整は困難であった。さらに、位相シフトパターンの位相誤差によっても、結像位置が変化するため、その確認・調整は困難であった。

【0006】そのため、この出願に係る発明者は種々の検討を重ねた結果、遮光パターンと位相シフトパターンとから構成される位相シフトマスクパターンを用いると、容易に結像位置を確認・調整することができるという結論に達した。そして、結像位置を確認・調整するのに好適な位相シフトマスクパターンの出現が望まれていた。

【0007】

【課題を解決するための手段】このため、この発明の第1の位相シフトマスクパターンによれば、遮光パターンと、該遮光パターンの両側に並置して設けられた第1の位相シフトパターンおよび第2の位相シフトパターンとから構成される位相シフトマスクパターンであって、第1および第2の位相シフトパターンは、遮光パターン下方での光強度が該遮光パターンから被投影体に向かう方向に沿って変動することとなるように、これら位相シフトパターンを透過した光と本来の光透過領域を透過した光との間に干渉を生じさせる位相角のものとなっていることを特徴とする。

【0008】また、この発明の第2の位相シフトマスクパターンによれば、位相シフトパターンと、該位相シフトパターンの両側に並置して設けられた第1の遮光パターンおよび第2の遮光パターンとから構成される位相シフトマスクパターンであって、位相シフトパターンは、該位相シフトパターン下方での光強度が該位相シフトパターンから被投影体に向かう方向に沿って変動することとなるように、該位相シフトパターンを透過した光と本来の光透過領域を透過した光との間に干渉を生じさせる位相角のものとなっていることを特徴とする。

【0009】また、この発明の第3の位相シフトマスクパターンによれば、交差状の遮光パターンと、該遮光パターンによって区画される4つの領域のうち、交差点を挟んで対向する2つの領域に設けられた第1の位相シフトパターンおよび第2の位相シフトパターンとから構成される位相シフトマスクパターンであって、第1および第2の位相シフトパターンは、遮光パターン下方での光強度が該遮光パターンから被投影体に向かう方向に沿って変動することとなるように、これら位相シフトパターンを透過した光と本来の光透過領域を透過した光との間に干渉を生じさせる位相角のものとなっていることを特徴とする。

【0010】また、この発明の第4の位相シフトマスクパターンによれば、交差状の位相シフトパターンと、該位相シフトパターンによって区画される4つの領域のうち、交差点を挟んで対向する2つの領域に設けられた第1の遮光パターンおよび第2の遮光パターンとから構成される位相シフトマスクパターンであって、位相シフトパターンは、該位相シフトパターン下方での光強度が該位相シフトパターンから被投影体に向かう方向に沿って変動することとなるように、該位相シフトパターンを透過した光と本来の光透過領域を透過した光との間に干渉を生じさせる位相角のものとなっていることを特徴とする。

【0011】このようなこの発明の第1～第4の位相シフトマスクパターンのように、位相シフトマスクパターンを構成すれば、遮光パターン（第2および第4の位相シフトマスクパターンの場合には、位相シフトパターン）下方での光強度が該遮光パターン（第2および第4

の位相シフトマスクパターンの場合には、位相シフトパターン）から被投影体に向かう方向に沿って変動するため、位相シフトマスクパターンによって被投影体上に形成される投影像についての光強度プロファイルは、被投影体が露光装置の光軸上のどの位置にあるかによって大きく変化することとなる。また、光軸上の各位置での光強度プロファイルをどのようなものとするかは、位相シフトパターンの位相角および寸法、並びに遮光パターンの寸法を変更することによってあらかじめ決めることができる。このため、位相シフトパターンの位相角および寸法、並びに遮光パターンの寸法を固定して、この位相シフトマスクパターンにより特定の光強度プロファイルを得ようとした場合、該光強度プロファイルが得られる被投影体の上記光軸上の位置は1点に定まるといえる。もちろん、1点というのは、露光装置の結像位置の確認・調整のために被投影体としてのウエハステージを上記光軸に沿って移動させる範囲内でいえば1点であろう、という意味である。従って、上記特定の光強度プロファイルを検出することで、上記光軸上の特定の位置を検出できることになる。

【0012】上述の点からして、この発明の第1～第4の位相シフトマスクパターンのいずれか1つを、例えば回路パターン形成用のホトマスクの一部に設けることで、回路パターンの結像位置の検出・調整が可能になる。例えば次のようである。この発明の位相シフトマスクパターンを回路パターン形成用のホトマスクの一部に設け、さらにこの位相シフトマスクパターンにより上記特定の光強度プロファイルが得られる被投影体の位置と、回路パターンの所望の結像位置となる被投影体の位置との相対距離をあらかじめ設定しておけば、上記回路パターンの結像位置の確認・調整は、上記特定の光強度プロファイルが検出されるように被投影体を上記光軸に沿って移動させた後、さらに上記相対距離だけ被投影体を移動させることで可能になる。もちろん、回路パターンの所望の結像位置となる被投影体の位置と、上記特定の光強度プロファイルが得られる被投影体の位置とが等しくなるように、すなわち上記相対距離が実質0となるように、位相シフトマスクパターンを設計してあっても良く、その場合、上記回路パターンの結像位置の調整は、上記特定の光強度プロファイルが検出されるように被投影体を上記光軸に沿って移動させるだけで可能になる。なお、上記特定の光強度プロファイルとして、なるべく検出が容易なものが望ましい。その点からすると、プロファイル中の光強度の最大値と最小値との差が大となっている光強度プロファイル（後述の図2中のa～cの例でいえば、cで示す光強度プロファイル）に着目するのがよい。

【0013】また、光強度プロファイル自体を検出する場合に限らず、あるポイントでの光強度を検出する場合であっても、そのポイントでの特定の光強度が得られる

10

20

30

40

50

被投影体の位置と、回路パターンの所望の結像位置となる被投影体の位置との相対距離をあらかじめ設定しておけば、上述した方法と同様にして、結像位置の確認・調整が可能になる。

【0014】なお、この発明の第1および第2の位相シフトマスクパターンの場合、遮光パターン（第2の位相シフトマスクパターンの場合には、位相シフトパターン）はこれが設けられる平面内に対称軸を有しており、該対称軸に対して第1および第2の位相シフトパターンは互いに線対称であるのが良い。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明の各実施の形態について説明する。なお、説明に用いる各図は、この発明を理解出来る程度に各構成成分の形状、大きさ、および配置関係を概略的に示してあるにすぎない。また、説明に用いる各図において、同様な構成成分については同一の番号を付して示している。また、以下の説明で述べる位相シフトパターンの寸法および遮光パターンの寸法等の数値的条件は、この発明の好適例にすぎない。従って、この発明がこれらの条件にのみ限定されるものでないことは理解されたい。

【0016】1. 第1の実施の形態

図1は第1の実施の形態の説明に供する位相シフトマスクパターンである。図1に示すように、この実施の形態の位相シフトマスクパターン100は、長方形の遮光パターン11と、遮光パターン11を挟んでその長辺の両側に、長辺に接して設けられた第1の位相シフトパターン13aおよび第2の位相シフトパターン13bとから構成され、全体として長方形を成している。そして、遮光パターン11の中心を通り、長辺に平行な軸Sに対して第1および第2の位相シフトパターン13a、13bは線対称に配置されている。例えば、マスク上での遮光パターン11の短辺の寸法は $2.5\mu\text{m}$ 、長辺の寸法は $25\mu\text{m}$ であり、第1および第2の位相シフトパターン13a、13bの短辺の寸法は $2.5\mu\text{m}$ である。なお、これらパターン11、13a、13b各々は、露光光に対し透過性を有する基板（図示せず。例えば石英基板）上に設けてある（以下の各実施の形態において同じ）。

【0017】次に、この実施の形態の位相シフトマスクパターン100および本来の光透過領域としての位相シフトマスクパターン100の近傍を透過する光の光強度プロファイル（以下、単に位相シフトマスクパターン100の光学的プロファイルと称する。）について説明する。この実施の形態では、位相シフトマスクパターン100を構成する第1および第2の位相シフトパターン13a、13bのi線に対する位相角が、例えば 90° の場合の光強度プロファイルを、レンズ開口数（NA）が0.5であり、i線を露光光とする $1/5$ 縮小投影露光装置（以下の各実施の形態において同じ。）で測定し

た。光強度の測定には、被投影体としてのX-Yステージと同一面に配置されたCCD等の光強度検出器を用いた。

【0018】図2は縦軸に光強度（任意単位）を取り、横軸に位置Xを取って示した位相シフトマスクパターン100の光強度プロファイルである。光強度は図1のI-I線に対応する位置に沿って測定し、図2中の横軸に示すCの位置は遮光パターン11の軸Sの位置に対応する。ここで、曲線aは光源とX-Yステージとの間の距離が露光装置の光学系の焦点距離となる位置（以下、 $F=0$ の位置と称する場合がある。）にX-Yステージが設定されている場合、曲線bは $F=0$ の位置から $0.5\mu\text{m}$ 光源に近い位置（以下、 $F=-0.5$ の位置と称する場合がある。）にX-Yステージが設定されている場合、曲線cは $F=0$ の位置から $0.5\mu\text{m}$ 光源から離れた位置（以下、 $F=+0.5$ の位置と称する場合がある。）にX-Yステージが設定されている場合を示している。

【0019】図2中の曲線a、bおよびcで表される光強度プロファイルから理解できる様に、位相シフトマスクパターン100の光強度プロファイルは、光源とX-Yステージとの間の距離により変化する。また、この場合、軸Sに対して第1および第2の位相シフトパターン13a、13bが線対称となるように配置されているため、図2に示す、いずれの光強度プロファイルも遮光パターン11の軸Sに対応する位置（図2中、Cで表される位置）を中心として左右で対称となる。また、遮光パターン11下方での光強度が遮光パターン11から被投影体に向かう方向に沿って変動する点も、図2中のP a、P bおよびP cから理解できる。そして、 $F=0$ 、 $F=+0.5$ および $F=-0.5$ の3つの条件のうち、位相シフトマスクパターン100およびその近傍を透過する光の投影像についての光強度プロファイルに一番メリハリがつくのは、すなわち光強度の最大値と最小値の差が最大となるのは、 $F=+0.5$ の条件の場合である。

【0020】このような位相シフトマスクパターン100を、例えば回路パターン形成用のホトマスクの一部に設けた場合、位相シフトマスクパターン100の光強度プロファイルを測定することにより、回路パターンの結像位置の確認・調整を行うことが出来る。具体的には、例えば、あらかじめ特定の光強度プロファイルが得られる位置としての $F=+0.5$ の位置と、回路パターンの所望の結像位置となるX-Yステージの位置との相対距離を求めておく。そして、光強度プロファイルを検出しながら $F=+0.5$ の位置にX-Yステージを移動させた後、上記相対距離だけX-Yステージを移動させることにより回路パターンの結像位置の確認・調整を行うことが出来る。

【0021】また、光強度プロファイル自体を検出する

場合に限らず、例えば遮光パターン11の軸Sに対応する位置(図2中、Cで表される位置)での光強度を検出する場合であってもよい。この場合にも、例えば、あらかじめ特定の光強度が得られる位置としての $F=+0.5$ の位置と、回路パターンの所望の結像位置となるX-Yステージの位置との相対距離を求めておき、そして、光強度を検出しながら $F=+0.5$ の位置にX-Yステージを移動させた後、上記相対距離だけX-Yステージだけ移動させることにより回路パターンの結像位置の確認・調整を行うことが出来る。ただし、ここで示した方法は、一例であってこれに限らないことは理解された

【0022】なお、この実施の形態の位相シフトマスクパターン100のように、遮光パターン11の中心を通り、長辺に平行な軸Sに対して第1および第2の位相シフトパターン13a、13bを線対称に配置した場合には、非対称に配置した場合に比べて特定の光強度プロファイルの検出し易くなり、従って、結像位置の確認・調整がし易くなる。これは、遮光パターン11の軸Sに対応する位置(図2中、Cで表される位置)で光強度が最小となり(図2中、曲線a~c参照)、また、光源とX-Yステージとの間の距離にかかわらず、光強度プロファイルは遮光パターン11の軸Sに対応する位置(図2中、Cで表される位置)を中心として常に左右で対称となるのに対し、非対称に配置した場合には、遮光パターンの軸に対応する位置からずれた位置で光強度が最小となり、従って光強度プロファイルは遮光パターンの軸に対応する位置を中心として非対称となるためである。

【0023】2. 第2の実施の形態

図3は第2の実施の形態の説明に供する位相シフトマスクパターンである。図3に示すように、この実施の形態の位相シフトマスクパターン200は、長方形の位相シフトパターン21と、位相シフトパターン21を挟んでその長辺の両側に、長辺に接して設けられた第1の遮光パターン23aおよび第2の遮光パターン23bとから構成され、全体として長方形を成している。そして、位相シフトパターン21の中心を通り、長辺に平行な軸Sに対して第1および第2の遮光パターン23a、23bは線対称に配置されている。例えば、マスク上での位相シフトパターン21の短辺の寸法は $4.0\mu\text{m}$ 、長辺の寸法は $50\mu\text{m}$ であり、第1および第2の遮光パターン23a、23bの短辺の寸法は $2.5\mu\text{m}$ である。

【0024】次に、この実施の形態の位相シフトマスクパターン200および本来の光透過領域としての位相シフトマスクパターン200の近傍を透過する光の光強度プロファイル(以下、単に位相シフトマスクパターン200の光強度プロファイルと称する。)について説明する。この実施の形態の場合も、位相シフトマスクパターン200を構成する位相シフトパターン21のi線に対

する位相角が、例えば 90° の場合の光強度プロファイルを、レンズ開口数(NA)が0.5であり、i線を露光光とする露光装置で測定した。

【0025】図4は縦軸に光強度(任意単位)を取り、横軸に位置Xを取って示した位相シフトマスクパターン200の光強度プロファイルである。光強度は図3のI-I線に対応する位置に沿って測定し、図4中の横軸に示すCの位置は位相シフトパターン21の軸Sの位置に対応する。ここで、曲線aは $F=0$ の位置にX-Yステージが設定されている場合、曲線bは $F=-0.5$ の位置にX-Yステージが設定されている場合、曲線cは $F=+0.5$ の位置にX-Yステージが設定されている場合を示している。

【0026】図4中の曲線a、bおよびcで表される光強度プロファイルから理解できる様に、位相シフトマスクパターン200の光強度プロファイルは、光源とX-Yステージとの間の距離により変化する。また、軸Sに対して第1および第2の遮光パターン23a、23bが線対称となるように配置されているため、図4に示す、いずれの光強度プロファイルも位相シフトパターン21の軸Sに対応する位置(図4中、Cで表される位置)を中心として左右で対称となる。また、位相シフトパターン21下方での光強度が位相シフトパターン21から被投影体に向かう方向に沿って変動する点も、図4中のPa、PbおよびPcから理解できる。そして、 $F=0$ 、 $F=+0.5$ および $F=-0.5$ の3つの条件の場合のうち、位相シフトマスクパターン200およびその近傍を透過する光の投影像についての光強度プロファイルに一番メリハリがつくのは、すなわち光強度の最大値と最小値の差が最大となるのは、 $F=-0.5$ の条件の場合である。

【0027】このような位相シフトマスクパターン200を、例えば回路パターン形成用のホトマスクの一部に設けた場合、位相シフトマスクパターン200の光強度プロファイルを測定することにより、回路パターンの結像位置の確認・調整を行うことが出来ることは、第1の実施の形態の場合と同様である。

【0028】上述したこの実施の形態では、位相シフトパターン21の短辺の寸法が露光装置の解像限界となる大きさよりも大きい場合について説明した。

【0029】そこで、さらに、位相シフトパターン21の短辺の寸法が露光装置の解像限界となる大きさよりも小さい場合をこの実施の形態の変形例として説明する。ただし、ここで位相シフトパターン21の短辺の寸法が露光装置の解像限界となる大きさよりも小さい場合は、位相シフトパターン21を単独で石英基板に配置して露光したときに位相シフトパターン21の短辺の寸法が露光装置の解像限界となる大きさよりも小さい場合のことである。

【0030】図5は第2の実施の形態の変形例の説明に

供する位相シフトマスクパターンである。図5に示すように、この実施の形態の変形例の位相シフトマスクパターン210は長方形の位相シフトパターン21と、位相シフトパターン21を挟んでその長辺の両側に、長辺に接して設けられた第1の遮光パターン23aおよび第2の遮光パターン23bとから構成され、全体として長方形を成している。そして、位相シフトパターン21の中心を通り、長辺に平行な対称軸Sに対して第1および第2の遮光パターン23a、23bは線対称に配置されている。ここで、位相シフトパターン21の短辺の寸法は露光装置の解像限界となる大きさよりも小さい。例えば、マスク上での位相シフトパターン21の短辺の寸法は $1.25\mu\text{m}$ 、長辺の寸法は $15\mu\text{m}$ であり、第1および第2の遮光パターン23a、23bの短辺の寸法は $2.5\mu\text{m}$ である。

【0031】次に、この実施の形態の変形例の位相シフトマスクパターン210および本来の光透過領域としての位相シフトマスクパターン210の近傍を透過する光の光強度プロファイル（以下、単に位相シフトマスクパターン210の光強度プロファイルという。）について説明する。この実施の形態の変形例の場合も、位相シフトマスクパターン210を構成する位相シフトパターン21のi線に対する位相角が、例えば 90° の場合の光強度プロファイルを、レンズ開口数（NA）が0.5であり、i線を露光光とする露光装置で測定した。

【0032】図6は縦軸に光強度（任意単位）を取り、横軸に位置Xを取って示した位相シフトマスクパターン210の光強度プロファイルである。光強度は図5中のI-I線に沿って測定し、図8中の横軸に示すCの位置は遮光パターンの対称軸Sの位置に対応する。ここで、曲線aは $F=0$ の位置にX-Yステージが設定されている場合、曲線bは $F=-0.5$ の位置にX-Yステージが設定されている場合、曲線cは $F=+0.5$ の位置にX-Yステージが設定されている場合を示している。

【0033】図6中の曲線a、bおよびcで表される光強度プロファイルから理解できる様に、この実施の形態の変形例の位相シフトマスクパターン210の光強度プロファイルは、光源とX-Yステージとの間の距離により変化する。また、軸Sに対して第1および第2の遮光パターン23a、23bが線対称となるように配置されているため、図6に示す、いずれの光強度プロファイルも位相シフトパターン21の軸Sに対応する位置（図8中、Cで表される位置）を中心として左右で対称となる。また、位相シフトパターン21下方での光強度が位相シフトパターン21から被投影体に向かう方向に沿って変動する点も、図6中のPa、PbおよびPcから理解できる。また、位相シフトパターン21の短辺の寸法は露光装置の解像限界となる大きさよりも小さいため、いずれの光強度プロファイルも位相シフトパターン21の軸Sに対応する位置（図6中、Cで表される位置）で

光強度が最小となる。そして、 $F=0$ 、 $F=+0.5$ および $F=-0.5$ の3つの条件の場合のうち、位相シフトマスクパターン200およびその近傍を透過する光の投影像についての光強度プロファイルに一番メリハリがつくのは、すなわち光強度の最大値と最小値の差が最大となるのは、 $F=-0.5$ の条件の場合である。

【0034】このような位相シフトマスクパターン210を、例えば回路パターン形成用のホトマスクの一部に設けた場合、位相シフトマスクパターン210の光強度プロファイルを測定することにより、回路パターンの結像位置の確認・調整を行うことが出来ることは、第1の実施の形態の場合と同様である。ただし、この位相シフトマスクパターン210の場合には、いずれの光強度プロファイルも位相シフトパターン21の軸Sに対応する位置（図6中、Cで表される位置）で光強度が最小となるため、例えばその位置での光強度を検出することにより、回路パターンの結像位置の確認・調整を行う場合には、その位置での光強度の検出がし易くなる。以上の効果は、遮光パターンと位相シフトパターンの配置を逆にした場合でも同様に得られる。

【0035】3. 第3の実施の形態

図7は第3の実施の形態の説明に供する位相シフトマスクパターンである。図7に示すように、この実施の形態の位相シフトマスクパターン300は、正方形の遮光パターン31と、遮光パターン31の外周に、正方形の各辺に接して設けられた位相シフトパターン33とから構成されている。そして、位相シフトパターン33の外形は正方形であり、遮光パターン31と相似関係となっている。また、遮光パターン31の中心Oを通り、遮光パターン31の辺に平行な2つの軸 S_1 、 S_2 に対して遮光パターン31および位相シフトパターン33は対称に配置されている。例えば、マスク上での遮光パターン31の外形の一辺の寸法は $2.0\mu\text{m}$ であり、位相シフトパターン33の外形の一辺の寸法は $4.0\mu\text{m}$ である。

【0036】次に、第3の実施の形態の位相シフトマスクパターン300および本来の光透過領域としての位相シフトマスクパターン300の近傍を透過する光の光強度プロファイル（以下、単に位相シフトマスクパターン300の光強度プロファイルと称する。）について説明する。この実施の形態でも、位相シフトマスクパターン300を構成する位相シフトパターン33のi線に対する位相角が、例えば 90° の場合の光強度プロファイルを、レンズ開口数（NA）が0.5であり、i線を露光光とする露光装置で測定した。

【0037】図8は縦軸に光強度（任意単位）を取り、横軸に位置Xを取って示した位相シフトマスクパターン300の光強度プロファイルである。光強度は図7の軸 S_1 に対応する位置に沿って測定し、図8中の横軸に示すCの位置は遮光パターン31の中心Oの位置に対応する。ここで、曲線aは $F=0$ の位置にX-Yステージが

設定されている場合、曲線bは $F = -0.5$ の位置にX-Yステージが設定されている場合、曲線cは $F = +0.5$ の位置にX-Yステージが設定されている場合を示している。

【0038】図8中の曲線a、bおよびcで表される光強度プロファイルから理解できる様に、位相シフトマスクパターン300の光強度プロファイルは、光源とX-Yステージとの間の距離により変化する。また、軸 S_1 および軸 S_2 に対して遮光パターン31および位相シフトパターン33が対称となるように配置されているため、図8に示す、いずれの光強度プロファイルも遮光パターン31の中心Oに対応する位置(図8中、Cで表される位置)を中心として左右で対称となる。また、遮光パターン31下方での光強度が遮光パターン31から被投影体に向かう方向に沿って変動する点も、図8中のPa、PbおよびPcから理解できる。そして、 $F = 0$ 、 $F = +0.5$ および $F = -0.5$ の3条件の場合のうち、位相シフトマスクパターン300およびその近傍を透過する光の投影像についての光強度プロファイルに一番メリハリがつくのは、すなわち光強度の最大値と最小値の差が最大となるのは、 $F = -0.5$ の条件の場合であり、その差は第1の実施の形態及び第2の実施の形態の場合に比べて大きい。

【0039】このような位相シフトマスクパターン300を、例えば回路パターン形成用のホトマスクの一部に設けた場合、位相シフトマスクパターン300の光強度プロファイルを測定することにより、回路パターンの結像位置の確認・調整を行うことが出来ることは、第1の実施の形態の場合と同様である。ただし、この位相シフトマスクパターン300の場合には、軸 S_1 および軸 S_2 に対して遮光パターン31および位相シフトパターン33が対称となるように配置されているため、光の投影像についての光強度プロファイルによりメリハリがつき、従って、特定の光強度プロファイルの検出がし易くなる。以上の効果は、遮光パターンと位相シフトパターンの配置を逆にした場合でも同様に得られる。

【0040】4. 第4の実施の形態

図9は第4の実施の形態の説明に供する位相シフトマスクパターンである。図9に示すように、この実施の形態の位相シフトマスクパターン400は、交差状、例えば十文字の遮光パターン41と、遮光パターン41によって区画される4つの領域のうち交差点O部分を挟んで対向する2つの領域に設けられた第1の位相シフトパターン43aおよび第2の位相シフトパターン43bとから構成されている。第1および第2の位相シフトパターン43a、43bは、それらが設けられる領域で正方形であり、正方形の2つの辺は遮光パターン41に接している。そして、交差点O部分に対して第1および第2の位相シフトパターン43a、43bは点対称に配置されている。例えば、マスク上での第1および第2の位相シフ

タパターン43a、43bの一边の寸法は、 $5.0\mu\text{m}$ である。また、十文字の遮光パターン41が交差する2つの帯から成っているとした場合、例えば、マスク上でのその帯の長辺の寸法は $11.5\mu\text{m}$ 、短辺の寸法は $1.5\mu\text{m}$ である。

【0041】次に、この実施の形態の位相シフトマスクパターン400および本来の光透過領域としての位相シフトマスクパターン400の近傍を透過する光の光強度プロファイル(以下、単に位相シフトマスクパターン400の光強度プロファイルと称する。)について説明する。この実施の形態でも、位相シフトマスクパターン400を構成する第1および第2の位相シフトパターン43a、43bのi線に対する位相角が、例えば 90° の場合の光強度プロファイルを、レンズ開口数(NA)が0.5であり、i線を露光光とする露光装置で測定した。

【0042】図10は縦軸に光強度(任意単位)を取り、横軸に位置Xを取って示した位相シフトマスクパターン400の光強度プロファイルである。図10中の曲線aは図9のI-I線に対応する位置に沿って測定した場合であり、曲線bは図9のII-II線に対応する位置に沿って測定した場合である。図10中の横軸に示すCの位置は遮光パターン41の交差点Oを通り長辺に平行な軸Sの位置に対応する。また、図11は、位相シフトマスクパターン400およびその近傍を透過する光の投影像を、図9中のI-I線やII-II線に対応する位置に沿う方向と平行な方向を主走査方向とし該投影像の全面を線順次に走査した場合において、各主走査ごとに得られる光強度プロファイルの光強度が顕著に小さくなる位置の軌跡(以下、単に位相シフトマスクパターン400の最小光強度の軌跡と称する。)である。ここで、図11中の曲線aは、図9中の遮光パターン41に対応する位置で各走査ごとに得られる光強度プロファイルの光強度が顕著に小さくなる位置(以下、第1の位置と称する。)にX-Yステージが設定されている場合の最小光強度の軌跡であり、図11中の曲線bは第1の位置からずれた位置(以下、第2の位置と称する。)にX-Yステージが設定されている場合の最小光強度の軌跡である。なお、図10中に示される光強度プロファイルは、第2の位置にX-Yステージが設定されている場合の光強度プロファイルである。

【0043】図10中の曲線aおよびbで表される光強度プロファイルから理解できる様に、第2の位置で光強度プロファイルを測定した場合には、光強度が顕著に小さくなる位置は遮光パターン41の軸Sに対応する位置(図10中、Cで表される位置)からずれている。従って、図11の曲線bで表される様に、最小光強度の軌跡は十文字からゆがむ。この場合、図10中のA点およびB点が図11中のA点およびB点とそれぞれ対応する。一方、第1の位置で光強度プロファイルを測定した場合

には、光強度が顕著に小さくなる位置は遮光パターン41に対応する位置であり、図11の曲線aで表される様に、最小光強度の軌跡は十字となる。

【0044】従って、第1の位置にX-Yステージが設定されている場合の位相シフトマスクパターン400の最小光強度の軌跡を、特定の光強度プロファイルとして利用した場合には、特定の光強度プロファイルの検出がし易くなり、従って結像位置の確認・調整が容易になる。以上の効果は、遮光パターンと位相シフトパターンの配置を逆にした場合でも同様に得られる。

【0045】5. 第5の実施の形態

図12は第5の実施の形態の説明に供する位相シフトマスクパターンである。図12に示すように、この実施の形態の位相シフトマスクパターン500は、遮光パターンと位相シフトパターンとから構成されるパターンが、例えば4パターン並置して設けられている。第1から第4のパターン55₁～55₄は長方形の遮光パターン51₁～51₄と、遮光パターン51₁～51₄を挟んでその長辺の両側に、長辺に接して設けられた第1の位相シフトパターン53a₁～53a₃および第2の位相シフトパターン53b₁～53b₃とから構成され、全体として長方形を成している。そして、第1から第4のパターン55₁～55₄において、遮光パターン51₁～51₄の中心を通り、長辺に平行な軸S₁～S₄に対して第1および第2の位相シフトパターン53a₁～53a₃、53b₁～53b₃は線対称に配置されている。第4のパターン55₄には位相シフトパターンは設けられていない。この場合、遮光パターン51₁～51₄の寸法は第1から第4のパターン55₁～55₄のすべてにおいて等しい。例えば、マスク上での遮光パターン51₁～55₄の短辺の寸法は2.5μm、長辺の寸法は10μmである。また、第1および第2の位相シフトパターン53a₁～53a₃、53b₁～53b₃の寸法は各パターンによって異なっている。例えば、マスク上での第1のパターン55₁の第1および第2の位相シフトパターン53a₁、53b₁の短辺の寸法は4.5μm、第2のパターン55₂の第1および第2の位相シフトパターン53a₂、53b₂の短辺の寸法は3.0μm、第3のパターン55₃の第1および第2の位相シフトパターン53a₃、53b₃の短辺の寸法は1.5μmである。また、各パターン55₁～55₄の間隔は、パターン間での光干渉が生じることがないようにするため、例えば10μm以上としている。また、第1および第2の位相シフトパターン53a₁～53a₃、53b₁～53b₃のi線に対する位相角を、例えば90°としている。

【0046】一般に、遮光パターンおよび位相シフトパターンから構成される位相シフトマスクパターンおよびその近傍を透過する光の投影像についての光強度プロファイルは位相シフトパターンの位相角および寸法、並び

に遮光パターンの寸法によって変化する。このため、この実施の形態のように、各パターン55₁～55₄ごとに、第1および第2の位相シフトパターン53a₁～53a₃、53b₁～53b₃の短辺の寸法が異なる場合には、各パターン55₁～55₄ごとに光強度プロファイルが異なることとなる。

【0047】このような位相シフトマスクパターン500を、例えば回路パターン形成用のホトマスクの一部に設けた場合、回路パターンの結像位置の確認・調整は、複数のパターンを用いて行うことが可能となり、従って回路パターンの結像位置の確認・調整の精度が向上する。ただし、第1から第4のパターン55₁～55₄のうちの一部のパターンを用いて結像位置の確認・調整を行うことも可能である。以上の効果は、遮光パターンと位相シフトパターンの配置を逆にした場合でも同様に得られる。

【0048】上述した例では、遮光パターンと位相シフトパターンとから構成される複数のパターンが、それぞれ孤立して配置されている場合について説明した。

【0049】次に、他の例として、遮光パターンと位相シフトパターンとから構成される複数のパターンが互いに連結して配置されている場合をこの実施の形態の第1変形例および第2変形例として説明する。

【0050】図13は第5の実施の形態の第1変形例の説明に供する位相シフトマスクパターンである。図13に示すように、この実施の形態の第1変形例の位相シフトマスクパターン510は、遮光パターンと位相シフトパターンとから構成されるパターンが、例えば4パターン連結して設けられている。第1から第4のパターン55₁～55₄は長方形の遮光パターン51₁～51₄と、遮光パターン51₁～51₄を挟んでその長辺の両側に、長辺に接して設けられた第1の位相シフトパターン53a₁～53a₃および第2の位相シフトパターン53b₁～53b₃とから構成されている。そして、第1から第4のパターン55₁～55₄の遮光パターン51₁～51₄並びに第1および第2の位相シフトパターン53a₁～53a₃、53b₁～53b₃が互いに連結している。第4のパターン55₄には位相シフトパターンは設けられていない。その際、遮光パターン51₁～51₄の短辺の寸法は互いに等しく、隣接する遮光パターンの短辺どうしが一致するように第1から第4のパターン55₁～55₄が配置されている。従って、位相シフトマスクパターン510は、見かけ上、長方形の遮光部と、遮光部の長辺に接して設けられた階段状の第1の位相シフト部および第2の位相シフト部とから構成されている。例えば、マスク上での遮光パターン51₁～55₄の短辺の寸法は2.5μmであり、また、マスク上での遮光パターン51₁～55₄の長辺の寸法はパターン間での光干渉が生じることがない様、例えば10μmである。また、第1および第2の位相シフトパターン

53a₁ ~ 53a₃、53b₁ ~ 53b₃の短辺の寸法は各パターンによって異なっている。例えば、マスク上での第1のパターン55₁の第1および第2の位相シフトパターン53a₁、53b₁の短辺の寸法は3.0μm、第2のパターン55₂の第1および第2の位相シフトパターン53a₂、53b₂の短辺の寸法は2.5μm、第3のパターン55₃の第1および第2の位相シフトパターン53a₃、53b₃の短辺の寸法は2.0μmである。また、位相シフトマスクパターン510を構成する第1および第2の位相シフトパターン53a₁ ~ 53a₃、53b₁ ~ 53b₃のi線に対する位相角を、例えば90°としている。

【0051】従って、位相シフトマスクパターン500を用いて結像位置の確認・調整する方法と同様な方法を用いて、この実施の形態の第1変形例の位相シフトマスクパターン510を用いて結像位置の確認・調整を行うことが出来る。この場合、遮光パターンと位相シフトパターンとから構成されるパターンが連結して設けられているため、位相シフトマスクパターン全体の大きさを小さくすることが出来る。これにより、配置上の自由度が拡大する。以上の効果は、遮光パターンと位相シフトパターンの配置を逆にした場合でも同様に得られる。

【0052】また、図14は第5の実施の形態の第2変形例の説明に供する位相シフトマスクパターンである。図14に示すように、この実施の形態の第2変形例の位相シフトマスクパターン520は、遮光パターンと位相シフトパターンとから構成されるパターンが、例えば4パターン連結して設けられている。第1から第4のパターン55₁ ~ 55₄は長方形の遮光パターン51₁ ~ 51₄と、遮光パターン51₁ ~ 51₄を挟んでその両側に設けられた第1の位相シフトパターン53a₁ ~ 53a₃および第2の位相シフトパターン53b₁ ~ 53b₃とから構成されている。そして、第1から第4のパターン55₁ ~ 55₄の遮光パターン51₁ ~ 51₄並びに第1および第2の位相シフトパターン53a₁ ~ 53a₃、53b₁ ~ 53b₃が互いに連結している。第4のパターン55₄には位相シフトパターンは設けられていない。その際、すべての遮光パターン51₁ ~ 51₄の中心を通る軸Sに対して線対称となるように第1から第4のパターン55₁ ~ 55₄が配置され、全体として位相シフトマスクパターン520は長方形を成している。要するに、位相シフトマスクパターン520は、見かけ上、階段状の遮光部と、遮光部に接して設けられた階段状の第1の位相シフト部および第2の位相シフト部とから構成されている。従って、第1から第4のパターン55₁ ~ 55₄の遮光パターン51₁ ~ 51₄の寸法は互いに異なり、同様に第1の位相シフトパターン53a₁ ~ 53a₃の寸法、第2の位相シフトパターン53b₁ ~ 53b₃の寸法は互いに異なっている。

【0053】従って、遮光パターン51₁ ~ 51₄の寸

法、第1および第2の位相シフトパターン53a₁ ~ 53a₃、53b₁ ~ 53b₃の寸法を適切に設定した場合、位相シフトマスクパターン500を用いて結像位置の確認・調整する方法と同様な方法を用いて、この実施の形態の第2変形例の位相シフトマスクパターン520を用いて結像位置の確認・調整を行うことが出来る。この場合、遮光パターンと位相シフトパターンとから構成されるパターンが連結して設けられているため、位相シフトマスクパターン全体の大きさを小さくすることが出来る。これにより、配置上の自由度が拡大する。以上の効果は、遮光パターンと位相シフトパターンの配置を逆にした場合でも同様に得られる。

【0054】この発明は上述した各実施の形態に限定されるものではないことは明らかである。例えば、上述の各実施の形態では位相シフトパターンの位相角が90°の場合について説明したが、位相角はこれに限らず、180°の整数倍以外であれば良い。

【0055】

【発明の効果】上述した説明から明らかなように、この発明の位相シフトマスクパターンによれば、遮光パターンおよび位相シフトパターンから構成されている。このため、位相シフトマスクパターンによって被投影体上に形成される投影像についての光強度プロファイルは、被投影体が露光装置の光軸上のどの位置にあるかによって大きく変化することとなる。このため、この位相シフトマスクパターンにより特定の光強度プロファイルを得ようとした場合、該光強度プロファイルが得られる被投影体の上記光軸上の位置は1点に定まるといえる。従って、上記特定の光強度プロファイルを検出することで、上記光軸上の特定の位置を検出することができることになる。

【0056】上述の点から、この発明の位相シフトパターンを、例えば回路パターン形成用のホトマスクの一部に設け、さらにこの位相シフトマスクパターンにより上記特定の光強度プロファイルが得られる被投影体の位置と、回路パターンの所望の結像位置となる被投影体の位置との相対距離をあらかじめ設定しておけば、上記回路パターンの結像位置の確認・調整は、上記特定の光強度プロファイルが検出されるように被投影体を上記光軸に沿って移動させた後、さらに上記相対距離だけ被投影体を移動させることで可能になる。

【0057】また、光強度プロファイル自体を検出する場合に限らず、あるポイントでの光強度を検出する場合であっても、そのポイントでの特定の光強度が得られる被投影体の位置と、回路パターンの所望の結像位置となる被投影体の位置との相対距離をあらかじめ設定しておけば、結像位置の確認・調整が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態の位相シフトマスクパターンである。

17

【図2】第1の実施の形態の説明に供する光強度プロファイルである。

【図3】第2の実施の形態の位相シフトマスクパターンである。

【図4】第2の実施の形態の説明に供する光強度プロファイルである。

【図5】第2の実施の形態の変形例の位相シフトマスクパターンである。

【図6】第2の実施の形態の変形例の説明に供する光強度プロファイルである。

【図7】第3の実施の形態の位相シフトマスクパターンである。

【図8】第3の実施の形態の説明に供する光強度プロファイルである。

【図9】第4の実施の形態の位相シフトマスクパターンである。

【図10】第4の実施の形態の説明に供する光強度プロファイルである。

【図11】第4の実施の形態の説明に供する最小光強度の位置の軌跡である。

【図12】第5の実施の形態の位相シフトマスクパターンである。

【図13】第5の実施の形態の第1変形例の位相シフトマスクパターンである。

18

【図14】第5の実施の形態の第2変形例の位相シフトマスクパターンである。

【符号の説明】

11, 31, 41, 51₁ ~ 51₄ : 遮光パターン

13a, 43a, 53a₁ ~ 53a₃ : 第1の位相シフトパターン

13b, 43b, 53b₁ ~ 53b₃ : 第2の位相シフトパターン

21, 33 : 位相シフトパターン

10 23a : 第1の遮光パターン

23b : 第2の遮光パターン

55₁ : 第1のパターン 55₂ : 第2のパターン

55₃ : 第3のパターン 55₄ : 第4のパターン

100 : 第1の実施の形態の位相シフトマスクパターン

200 : 第2の実施の形態の位相シフトマスクパターン

210 : 第2の実施の形態の変形例の位相シフトマスクパターン

300 : 第3の実施の形態の位相シフトマスクパターン

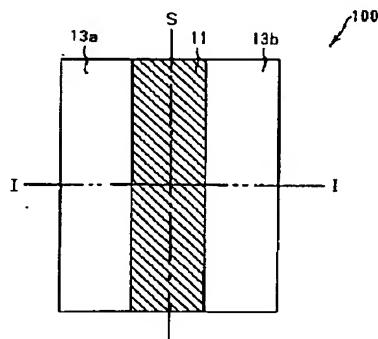
400 : 第4の実施の形態の位相シフトマスクパターン

20 500 : 第5の実施の形態の位相シフトマスクパターン

510 : 第5の実施の形態の第1変形例の位相シフトマスクパターン

520 : 第5の実施の形態の第2変形例の位相シフトマスクパターン

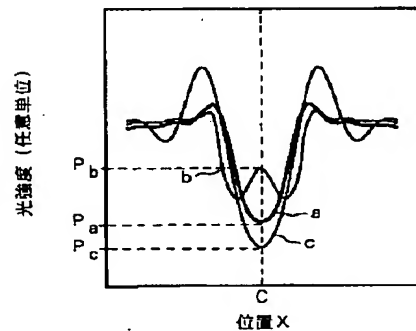
【図1】



100 : 第1の実施の形態の位相シフトマスクパターン
11 : 遮光パターン 13a : 第1の位相シフトパターン
13b : 第2の位相シフトパターン

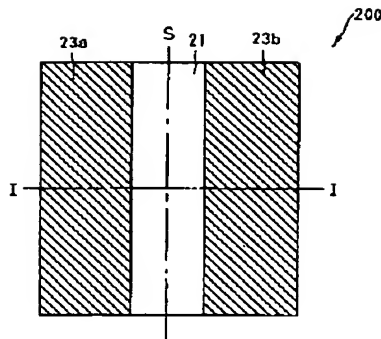
第1の実施の形態の位相シフトマスクパターン

【図2】



第1の実施の形態の説明に供する光強度プロファイル

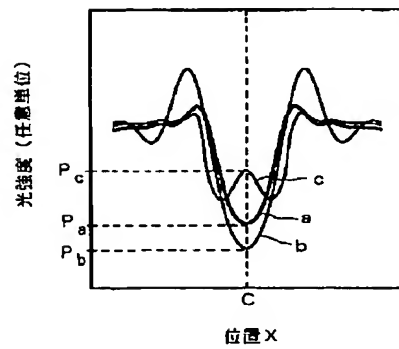
【図3】



200: 第2の実施の形態の位相シフトマスクパターン
 21: 位相シフトパターン 23a: 第1の透光パターン
 23b: 第2の透光パターン

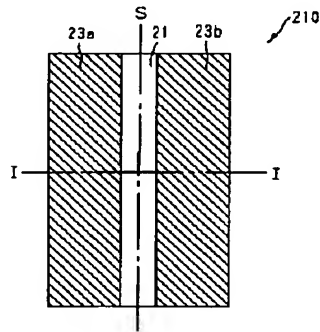
第2の実施の形態の位相シフトマスクパターン

【図4】



第2の実施の形態の説明に供する光強度プロファイル

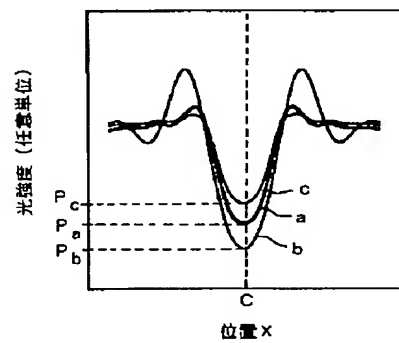
【図5】



210: 第2の実施の形態の変形例の位相シフトマスクパターン

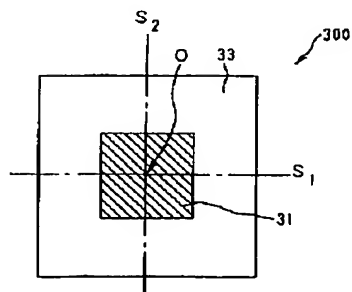
第2の実施の形態の変形例の位相シフトマスクパターン

【図6】



第2の実施の形態の変形例の説明に供する光強度プロファイル

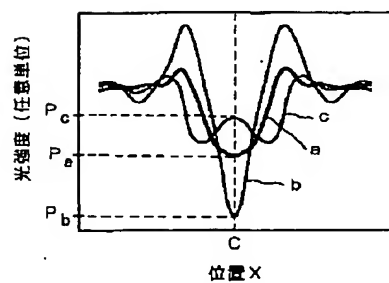
【図7】



300: 第3の実施の形態の位相シフトマスクパターン
 31: 透光パターン 33: 位相シフトパターン

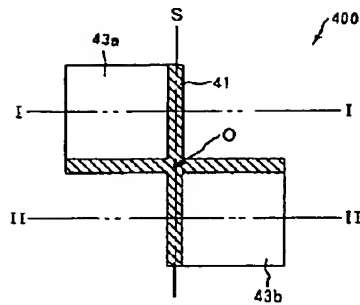
第3の実施の形態の位相シフトマスクパターン

【図8】



第3の実施の形態の説明に供する光強度プロファイル

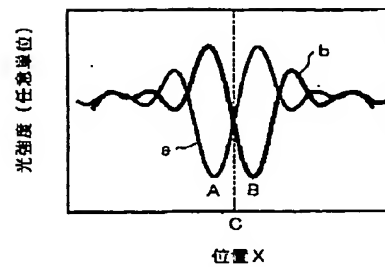
【図9】



400 : 第4の実施の形態の位相シフトマスクパターン
 41 : 透光パターン
 43a : 第1の位相シフトパターン
 43b : 第2の位相シフトパターン

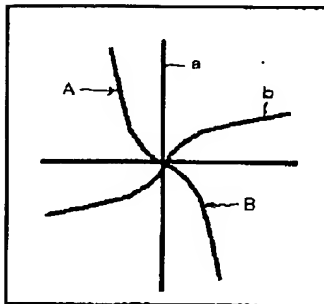
第4の実施の形態の位相シフトマスクパターン

【図10】



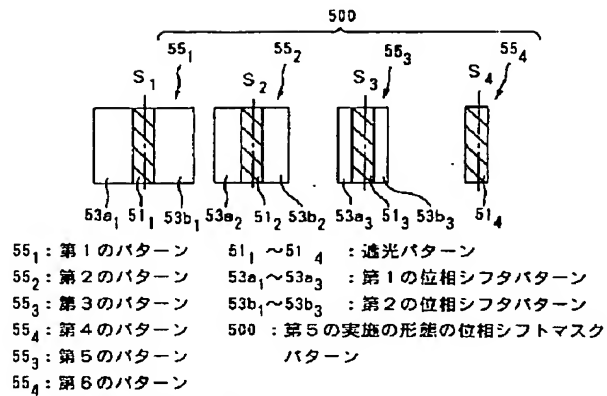
第4の実施の形態の説明に供する光強度プロファイル

【図11】



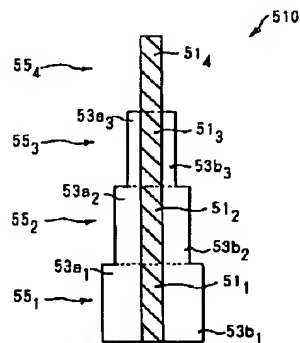
最小光強度の位置の軌跡

【図12】



第5の実施の形態の位相シフトマスクパターン

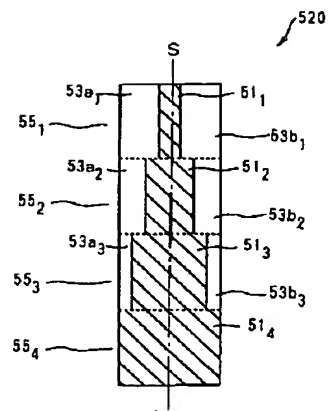
【図13】



510 : 第5の実施の形態の第1変形例の位相シフトマスクパターン

第5の実施の形態の第1変形例の位相シフトマスクパターン

【図14】



520：第5の実施の形態の第2変形例の位相シフトマスクパターン

第5の実施の形態の第2変形例の位相シフトマスクパターン